دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱
پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲
DOI: 10.22034/jtae.2022.163675

(علمی – ترویجی)

پرنده هدایت‌پذیر از دور (پهپاد) و بدون موتور احتراقی– بررسی چالش‌ها و پارامترهای فنی

جلال کفاشان [*۱] و نیکروز باقری [۱]**

۱– مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کرج، ایران، کدپستی: ۳۱۳۵۹۳۳۱۵۱.

* دانش‌آموخته دکتری (نویسنده پاسخگو)، ایمیل: **memc@engineer.com**

** دانشیار

پیشرفت‌های اخیر در علم الکترونیک، کنترل، رایانه و تلفیق آن‌ها با علم مکانیک و پرواز سبب توسعه خودروهای هوایی بدون‌سرنشین (پهپاد) شده است. آنچه در جامعه مشهود است، بیشتر ذکر مزیت و قابلیت این فناوری است و به پارامترهای فنی و چالش‌های اساسی این فناوری جدید کمتر توجه می‌شود. توانمندی این خودروها تاکنون به‌شیوه‌های مختلف بدون بیان چالش‌ها به اقشار مختلف جامعه القا شده است و تبلیغات روی واردات این فناوری همچنان ادامه دارد. با این حال به اقرار کارشناسان بین‌المللی، ایران در حال تبدیل‌شدن به ابرقدرت جهانی در حوزه پهپاد است. اما، برخی از تصمیم‌سازان تنها از منظر واردات و نمایش تبلیغی به این وسیله پیشرفته و گران‌قیمت می‌نگرند. مقاله حاضر قصد دارد تا با بیان پیشینه، انواع و کاربردها به بیان پارامترها و چالش‌های مهم این فناوری پیشرفته با هدف آگاهی بیشتر و شناخت عمیق‌تر چالش‌ها برای انتخاب عالمانه تصمیم‌گیران و کاربران از یک‌سو و آینده‌پژوهشی برای طراحان، سازندگان و محققان از سوی دیگر بپردازد.

واژه‌های کلیدی: پرواز، پرنده هدایت‌پذیر از دور (پهپاد)، فناوری‌های نوین، مهندسی مکاترونیک، هوا و فضا

Unmanned Aerial Vehicles without Combustion Engines Technical Parameters and Challenges

J. Kafashan [1*] and N. Bagheri [1]**

1-Agricultural Engineering Research Institute, Postal Code: 15875-1774, Karaj, IRAN

* Ph.D. Holrer (Corresponding Author): Email: **memc@engineer.com**

** Associet Professor

The recent development of unmanned aerial vehicles (UAVs) is due to progress in electronics, control, and computer science combined with mechanics and flight science. What is evident in the society is more mention of the advantages and capabilities of this technology and less attention is paid to the technical parameters and basic challenges of the new technology. The UAVs capability has only been expressed in various ways without expressing the challenges to society and the advertisement on the import of this technology continues. However, according to international experts, Iran is becoming a global superpower in this field. Yet, some decision-makers consider this advanced and expensive device only for import and flashy records. On one hand, the present article aims to express the important parameters and challenges of this advanced technology by stating the background, types, and applications, more awareness, and a detailed understanding of the challenges for the wise choice of decision-makers and users. On the other hand, future research topics for researchers, designers, and manufacturers would be another output of the article.

Keywords: Aero Space, Flight, New Technologies, Mechatronics Engineering

۱- مقدمه

به‌طور کلی، ساخت اولین پرنده هوایی بدون‌سرنشین یا همان پرنده هدایت‌پذیر از دور (پهپاد)[1] در جهان به جنگ جهانی اول یعنی به حدود صد سال پیش و با هدف حمله مستقیم هوایی به مواضع دشمن همراه با کاهش احتمال از دست دادن خلبان بر می‌گردد. نمونه‌ای از این پهپاد هم‌اکنون در موزه ملی شهر دیتون در کشور ایالات متحده نگهداری می‌شود. با این وجود، در زمینه نام اولین کشور و اولین شخص سازنده و طراح در منابع مختلف اختلاف وجود دارد [۱].

باوجود اینکه ساخت اولین پرنده‌های مکانیکی و کنترلی به جنگ جهانی اول برمی‌گردد، اما پیشینه و ایده استفاده از پرنده به‌عنوان نامه‌رسان، ارسال دارو و حتی تصویربرداری به پیش از آن می‌رسد. پیشینه نامه‌رسانی با کبوتر به ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد بر می‌گردد. اما در جنگ‌های قرن ۱۹ نیز استفاده از این پرنده به عنوان وسیله ارتباطی رایج بوده است. تا قبل از اختراع تلگراف در اواسط دهه ۱۸۰۰ میلادی، کبوتر سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای دریافت پیام از هر مسافتی بود [۱-۶] همچنین، از کبوتر به عنوان وسیله‌ای برای تصویربرداری یاد می‌شود. این روش نخستین بار در سال ۱۹۰۷ میلادی توسط یک داروساز آلمانی به‌عنوان تصویربرداری هوایی با کبوتر[2] ثبت اختراع شد [۷].

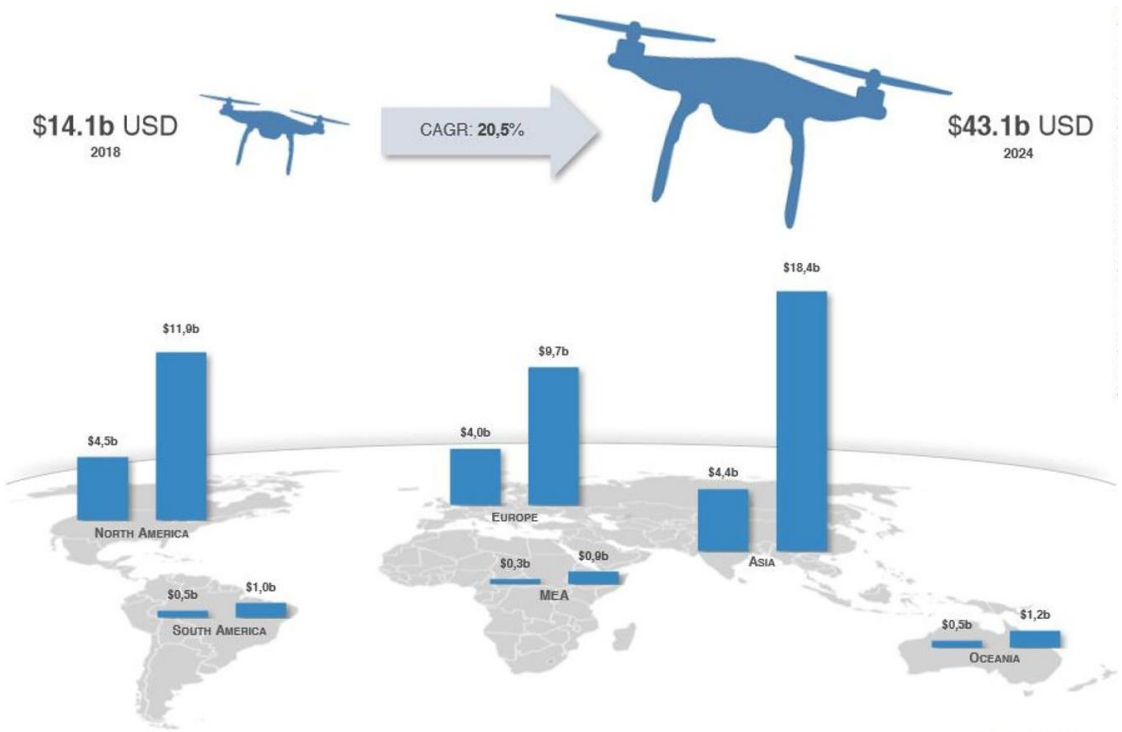
ساخت اولین پهپاد در ایران در اوائل دهه شصت یعنی دوران دفاع مقدس و با ساخت پهپاد مهاجر با هدف شناسایی ثبت تاریخی شده است. این پهپاد نسل اول مهاجر مشهور به مهاجر-یک بود. امروزه پهپادهای زیادی با کاربری‌های کشاورزی و تجاری در کشور در حال فعالیت هستند [۸]. پیدایش علوم جدید، فناوری‌های نوین و ترکیب آن‌ها در دو دهه گذشته سبب جهش و افزایش کاربردها و توانمندی‌های پهپاد در جهان شده است. هرچند خاستگاه اولیه پهپادها در حوزه نظامی است، اما گذر زمان و پیشرفت‌های علمی و کاربردهای گوناگون سبب ورود آن‌ها به عرصه تجاری و زندگی مردم شده است [۹].

پهپادها از نظر شکل فیزیکی، نوع و تعداد بال‌ها، نوع و تعداد موتور، وزن و اندازه، نوع کاربرد، سطح مخاطره و وزن قابل حمل تقسیم‌بندی متفاوتی دارند [۱۰]. هرچند هر یک از این تقسیم-بندی‌ها ممکن است به دیگری بستگی داشته باشد. با این وجود، از نظر علمی دو دسته‌بندی کلی یعنی نوع کاربرد و نوع موتور فراگیرتر و جامع‌تر به‌نظر می‌رسد. همچنین، پهپادها را می‌توان از نظر نوع موتور محرک به دو دسته دارای موتور احتراقی و غیراحتراقی دسته‌بندی کرد. از نظر نوع بال، پهپادها به انواع بال-ثابت[3]، مولتی-روتور[4] و هیبرید[5] تفکیک می‌شوند [۱۱]. از نظر کاربرد، پهپادها را می‌توان به دو دسته پهپادهای نظامی و غیرنظامی طبقه‌بندی کرد. پهپادهای غیرنظامی در حوزه‌های مختلفی چون فیلم‌برداری، تصویربرداری و نقشه‌برداری، پایش جنگل، پایش خطوط آب و برق و گاز، پایش عبور و مرور زمینی و دریایی، مقابله با آتش‌سوزی، پایش و رصد حیوانات گوناگون، پایش شرایط جوی و آب و هوا، پایش اقدامات مرتبط با بلایای طبیعی زلزله، سیل، آتش‌سوزی و غیره، حفاظت از محیط‌زیست، خدمات کشاورزی، زمین شناسی و اکتشاف معدن، عملیات امداد و نجات، فعالیت‌های علمی و پژوهشی، حمل بار و دیگر خدمات تفریحی و گردشگری کاربرد دارند. همچنین، پهپادها را می‌توان از نظر نوع موتور محرک و انرژی پیشرانه به دو دسته دارای موتور احتراقی و غیراحتراقی دسته‌بندی کرد [۱۲].

امروزه در جهان و به‌طور خاص در حوزه پهپادهای غیرنظامی، تجارت چند ده میلیارد دلاری در جریان است. این مبلغ بیشتر حاصل از تولید و فروش محصولات پهپادی و الزامات جانبی آن است. در حال حاضر و بر اساس آمارهای جهانی، بازار پهپادهای غیرنظامی تحت سلطه شرکت‌های چینی است. برای مثال، یکی از تولیدکنندگان پهپاد در چین به تنهایی ۷۴ درصد از سهم بازار پهپادهای غیرنظامی جهان را در سال ۲۰۱۸ در دست داشته است. در این آمار، شرکت‌های آمریکایی و فرانسوی با فاصله قابل توجهی پس از شرکت‌های چینی در تسخیر سهم بازار جهانی شریک هستند [۱۳, ۱۴].

نقشه مقایسه سطح تجارت پهپاد در جهان و پیش‌بینی نرخ رشد مرکب سالانه[6] از ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ در شکل **۱** نشان می‌دهد که این صنعت، تجارتی رو به رشد بوده و نرخ رشد مرکب سالانه‌ای حدود ۲۰ درصد برای آن پیش‌بینی می‌شود [۱۵]. این یعنی برآورد می‌شود که در هر سال حدود ۲۰ درصد افزایش در تجارت پهپاد اتفاق خواهد افتاد. در ایران فعالیت‌های انجام شده برای توسعه پهپادها بیشتر جنبه واردات این فناوری را داشته است. اما آمار مشخصی از واردات یا تولید آن در دست نیست. با این‌حال، در حال حاضر تعداد گروه‌های پهپادی فعال در کل کشور چندین هزار گروه برآورد می‌شود. این گروه‌ها عمدتاً در حوزه تصویربرداری و رسانه، سنجش از دور و نقشه‌برداری، امداد و نجات، بازرسی خطوط برق و نفت و گاز، حفاظت پیرامونی، سینما، گردشگری، سمپاشی‌هوایی و مدیریت بحران فعال هستند.

1. Unmanned aerial vehicle (UAV) / Drone
2. Pigeon Photography
3. Fixed-wing
4. Rotary-wing
5. Hybrid
6. Compound Annual Growth Rate (CAGR)



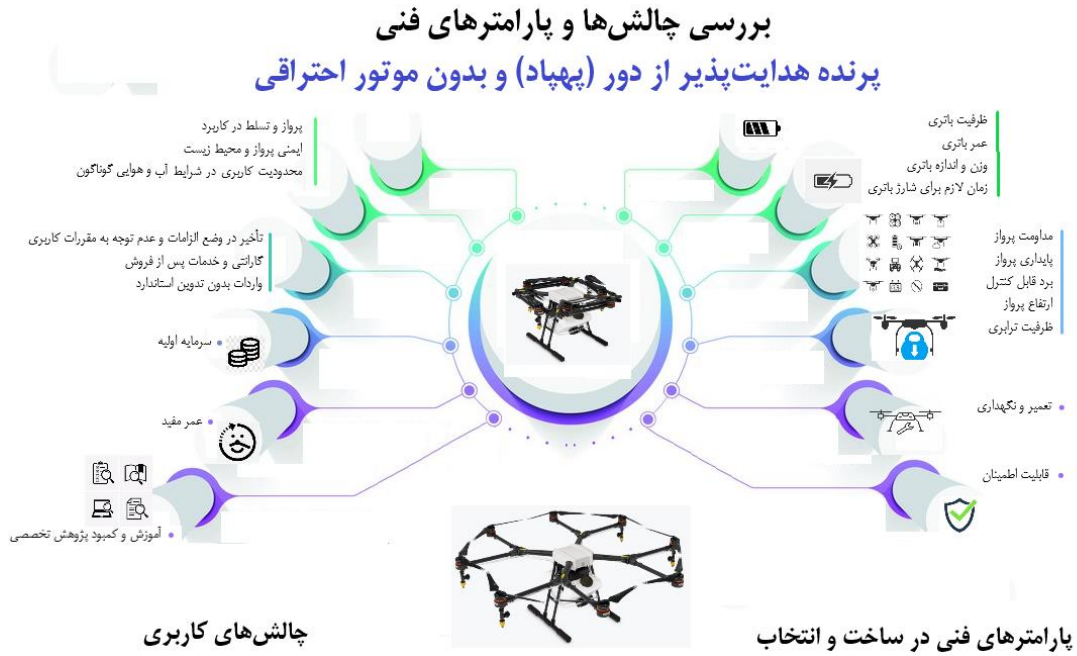
شکل (۱): نقشه مقایسه سطح تجارت پهپاد در جهان و پیش‌بینی نرخ رشد مرکب سالانه از ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ [۱۵].

پهپادها به‌طور عام، محصول مشترک مهندسی هوا و فضا و مکاترونیک محسوب می‌شوند که در آن‌ها فناوری‌های نوین و پیشرفته به‌کار رفته است. بدیهی است هر فناوری دارای مزایای خاص خود بوده و از طرفی با چالش‌هایی روبرو شود. اولین و مهمترین مزیت پهپادهایی که از موتور بدون احتراق و سیستم‌های مکاترونیکی استفاده می‌کنند، افزایش دقت در هدایت و کنترل اجزاء مکانیکی است. همچنین، حجم و جرم پهپاد به‌دلیل استفاده از اجزاء الکترونیکی و نرم‌افزاری به‌جای اجزاء معادل مکانیکی کاهش یافته است. قابلیت نمایش، اندازه‌گیری و حتی امکان ثبت همزمان داده‌ها و استفاده از بازخورد آن‌ها، افزایش ایمنی و سهولت استفاده از دیگر مزایای آن‌هاست [۱۶]. همچنین، پیش‌بینی جایگاه ویژه این فناوری در آینده به دلیل تنوع کاربردها و مزایا بیانگر اهمیت موضوع است.

آنچه مسلم است ذی‌نفعان و سازندگان پهپاد بدون موتور احتراقی مزایا و کاربردهای قابل پیش‌بینی و آتی آن‌ها را تا حد ممکن تبلیغ می‌کنند. در این میان، فرض بر این است که پژوهشگران مستقل اینگونه فناوری‌های نوین را بدون وابستگی و تضاد منافع ارزیابی و تحلیل کنند. همچنین، بیان پارامترها و چالش‌های این فناوری برای پژوهشگران و سازندگان مربوطه فرصتی را فراهم می‌آورد تا با دید بازتر برای رفع و کاهش تبعات آن‌ها تلاش کنند. از سوی دیگر، برای تصمیم‌گیران و تصمیم‌سازان و کاربران نهایی این امکان را فراهم می‌کند تا در تدوین قوانین، واردات، انتخاب و یا به‌کارگیری با شناخت بهتر و بیشتر تصمیم مناسب‌تری اتخاذ کنند. با توجه به کاربرد گسترده پهپادهای غیرنظامی بدون موتور احتراقی، این مقاله قصد دارد به معرفی پارامترها و چالش‌های به‌کارگیری این فناوری بپردازد. با وجود آنکه در چند سال اخیر، مقاله‌های متعددی در خصوص معرفی انواع پهپاد و مزایای آن‌ها منتشر شده است، اما بیشتر مقاله‌ها جنبه توصیه استفاده از پهپاد بدون آشنا کردن ذی‌نفعان با پارامترهای فنی و ارائه چالش‌های این حوزه داشته است. بنابراین، انگیزه اصلی این مطالعه و هدف از نگارش مقاله، آشنایی بیشتر پژوهشگران، تصمیم‌گیران، کارشناسان و کاربران با پارامترهای مؤثر در انتخاب پهپاد و ارائه چالش‌های آن‌ها برای داشتن دید علمی‌تر و وسیع‌تر در شناخت و به‌کارگیری پهپاد است.

۲- چالش‌ها و پارامترهای فنی در ساخت و انتخاب پهپاد

در ساخت و انتخاب پهپاد همواره چالش‌هایی وجود دارد. شناخت پارامترهای فنی به عنوان عوامل محدودکننده یا تعیین‌کننده در این حوزه حائز اهمیت است. در شکل **۲** چالش‌ها و پارامترهای فنی حوزه پهپاد به‌صورت اینفوگرافیک نشان داده شده است. در ادامه به معرفی پارامترها و ارائه چالش‌ها پرداخته می‌شود.



شکل (۱): پارامترها و چالش‌های فنی حوزه پهپاد.

۱-۲- پارامترهای فنی پهپاد

پارامترهای فنی پهپادها، افزون‌بر اهمیتی که برای طراح و سازنده دارند، برای کاربر نیز مهم هستند. از پارامترهای مهم در این حوزه مسائل مربوط به باتری است. در ادامه به این مبحث پرداخته می‌شود.

ظرفیت باتری: امروزه باتری‌ها به‌عنوان منبع تغذیه جزئی از یک سیستم الکترونیکی هستند. همچنین، وجود انواع و اقسام باتری از نظر ظرفیت، شکل و اندازه و نوع فرآیند درونی بر کسی پوشیده نیست. به‌طور معمول، پهپادهای بدون موتور احتراقی از باتری‌های قابل‌شارژ برای تأمین انرژی موتورهای الکتریکی استفاده می‌کنند. از یک طرف مصرف انرژی الکتریکی و از طرف دیگر ظرفیت محدود باتری سبب می‌شود تا محدودیت ماندگاری شارژ باتری پدیدار شود. در نتیجه، به طور پیوسته نمی‌توان از پهپاد برای مدت زمان طولانی استفاده کرد. برای حل این مشکل در پهپادهایی که می‌توانند چند کیلو محموله حمل کنند، از چند باتری همزمان استفاده می‌شود. روش دیگر که معمولاً بیشتر کاربران از آن استفاده می‌کنند، داشتن حداقل دو باتری پشتیبان (شارژ شده) برای جلوگیری از ایجاد وقفه در عملیات است. به‌طور متوسط از یک باتری شارژ شده تنها حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه می‌توان برای پرواز مداوم استفاده کرد و پس از آن به شارژ مجدد یا جایگزینی باتری نیاز است. البته این موضوع ارتباط مستقیم به ظرفیت عملیاتی باتری دارد که معمولاً با واحدی به نام میلی آمپرساعت بیان می‌شود. ظرفیت عملیاتی باتری معمولاً کمتر از ظرفیت اسمی باتری است که به‌صورت تجاری روی باتری نو ثبت شده است. ظرفیت اسمی باتری ممکن است در اثر عوامل گوناگونی از جمله گذشت زمان، شارژ خیلی سریع، استفاده نشدن به مدت طولانی، تخیله ناگهانی و بالا بودن دما و رطوبت محیط نگهداری و شرایط نامناسب محیط کاری (بار بیش از حد، دمای هوای زیاد و سرعت باد شدید) کاهش یابد. برای مثال، اگر باتری پهپاد که معمولاً به دلایل مختلف (از جمله جریان مصرف بالا و حساسیت کمتر به ضربه، انعطاف‌پذیری بیشتر و وزن کمتر) از نوع لیتیوم پلیمر[1] (LiPo) انتخاب می‌شوند، کاملاً شارژ شود و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس نگه داشته شود، در این صورت، تجربه نشان می‌دهد که بعد از گذشت یکسال (در شرایطی که باتری استفاده نشود) حدود ۲۰ درصد از ظرفیت اسمی آن کم می‌شود. این میزان افت ظرفیت اسمی باتری بستگی به نوع باتری و شرایط نگهداری آن دارد. این افت برای باتری دیگری مانند لیتیوم یون به ۳۵ درصد نیز می‌رسد [۱۷].

فرض کنید از باتری‌های LiPo معمولی استفاده می‌کنید که در شارژ کامل ۴/۲ ولت را در هر سلول نگه می‌دارند، باید ولتاژ ذخیره‌سازی بین ۳/۶ ولت تا ۳/۸ ولت انتخاب شود که تقریباً ۸۵ تا ۹۰ درصد ظرفیت کامل باتری را شامل می‌شود. این امر ضروری است، به ویژه اگر باتری‌ها را بیش از ۳ روز

1. lithium-polymer (Li-Po)

بدون استفاده نگه می‌دارید. برای روشن شدن بیشتر، نگهداری باتری‌ها در ولتاژی بالاتر یا پایین‌تر از حد تعیین‌شده به همین ترتیب برای باتری مضر و آسیب زاست. شارژ بیش از حد باتری و خالی ماندن آن نیز شیوه‌های نگهداری ضعیفی هستند که منجر به خراب شدن زودهنگام باتری LiPo می‌شوند. وقتی باتری به ظرفیت کامل ۴/۲ ولت رسید، هرگز نباید آن را در حال شارژ رها کرد و نباید تا کمتر از ۳ ولت تخلیه شود. در جدول **۱** وضعیت افت ظرفیت باتری در دماهای مختلف انبارش نشان داده شده است [۱۸].

جدول (۱): افت دائمی ظرفیت باتری در شرایط مختلف انبارش (دما و مقدار شارژ) [۱۸].

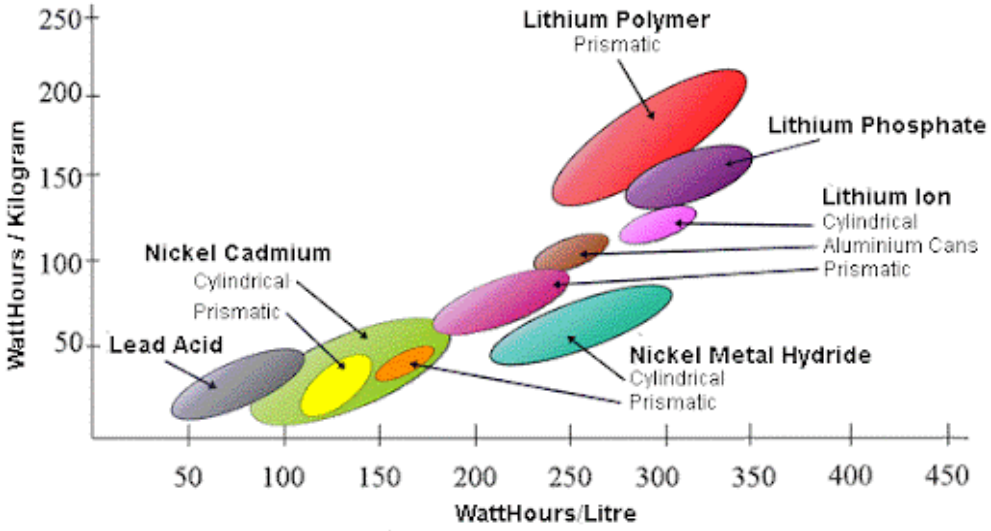
دمای انبارش[1] (بر حسب سلسیوس)	۴۰ درصد شارژ	۱۰۰ درصد شارژ
۰	۲٪ افت پس از یکسال	۶٪ افت پس از یکسال
۲۵	۴٪ افت پس از یکسال	۲۰٪ افت پس از یکسال
۴۰	۱۵٪ افت پس از یکسال	۳۵٪ افت پس از یکسال
۶۰	۲۵٪ افت پس از یکسال	۴۰٪ افت پس از یکسال

عمر باتری: سال‌هاست مشکل عمر باتری در وسایل باتری دار یکی از چالش‌ها محسوب شده و با وجود پیشرفت‌های انجام شده و ساخت باتری‌های متنوع و به اصطلاح هوشمند، هنوز محدودیت عمر باتری گریبان‌گیر وسایل الکتریکی و مکانیکی باتری‌دار از جمله خودروها و پهپادها است. عمر باتری به تعداد چرخه شارژ باتری گفته می‌شود. برای مثال باتری با پایه لیتیوم پلیمر حدود ۳۰۰ تا ۵۰۰ چرخه شارژ-تخلیه کامل عمر دارد، قبل از اینکه ظرفیتش به زیر ۸۰ درصد افت کند [۱۷]. هرچند عمر باتری به تعداد چرخه شارژ باتری (میزان استفاده) و نحوه استفاده بستگی دارد. با این‌حال، براساس تجربه و درصورت استفاده و نگهداری مناسب عمر باتری را می‌توان به‌طور متوسط دو تا سه سال در نظر گرفت [۱۹].

وزن و اندازه باتری: امروزه در بازار باتری‌هایی با ابعاد و وزن‌های مختلف وجود دارد. اما محدودیت‌های طراحی، پایداری پرواز و مانورپذیری پهپاد هنوز به‌عواملی از جمله وزن و اندازه پهپاد بستگی دارد. طبیعی است این محدودیت در تک تک اجزاء پهپاد از جمله باتری اثرگذار است. برای مثال باتری یک پهپاد اسباب‌بازی حداقل حدود ۲۵ گرم وزن دارد. اکثر پهپادهای جدید دارای باتری لیتیوم پلیمر هستند. باتری نوع لیتیوم پلیمر تقریباً ۲۰ درصد سبک‌تر از باتری لیتیوم یون هم حجم با ظرفیت یکسان است. به‌طور کلی، باتری‌ها دارای انرژی ویژه (انرژی در واحد جرم) در محدوده ۱۰۰ (برای اولین نسل) تا بیش از ۵۰۰ وات ساعت در هر کیلوگرم هستند [۲۰]. بنابراین، در بهترین حالت جرم یک باتری با انرژی ۲۵۰ وات ساعت، حدود ۵۰۰ گرم خواهد بود [۲۱]. در شکل **۳** انواع باتری و انرژی ویژه آن‌ها نشان داده شده است. از مقایسه انواع باتری می‌توان دریافت که باتری لیتیوم پلیمری بیشترین و باتری سربی-اسیدی (اسیدی) کمترین انرژی ویژه را دارند [۲۲]. گرچه افزایش ظرفیت باتری یا افزایش تعداد باتری باعث افزایش مداومت پرواز[2] می‌شود، اما از آنجاکه وزن باتری نیز افزایش می‌یابد، در بسیاری از پهپادها (به علت محدودیت وزن بار قابل حمل) اجرای آن عملیاتی نیست. در شکل **۴** نمونه‌هایی از انواع باتری قابل شارژ مورداستفاده در پهپادها نمایش داده شده است.

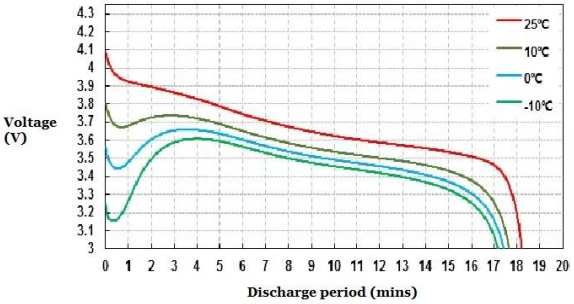
زمان لازم برای شارژ باتری: یکی از چالش‌ها در استفاده از پهپادهای با منبع توان باتری، زمان لازم برای شارژ باتری است. این زمان به نوعی زمان تلفاتی به حساب می‌آید. در شارژ باتری‌ها به‌طور معمول مدت زمان لازم برای شارژ بیشتر از مدت زمان مصرف شارژ است. به‌طور متوسط این زمان در باتری پهپادهای تجاری به‌طور تجربی دو تا سه برابر زمان مصرف شارژ باتری است. یعنی حدود یک تا یک و نیم ساعت است. هرچند امروزه مباحث پژوهشی و ادعای تبلیغاتی شارژ سریع و شارژ از راه دور به عنوان دو گزینه مهم مطرح است، اما این دو هنوز تا رسیدن به نتایج عملیاتی قابل قبول و مطمئن فاصله دارند. شکل ۵ نشان می‌دهد در طول مدت استفاده از باتری (تخلیه)، جریان الکتریکی بالاتر، سرعت کاهش ولتاژ سریع‌تر و بار بیش از حد جریان بالا، احتمال بیشتری دارد که باتری بیش از حد تخلیه شود و آسیب ببیند (سطح ایمنی کاهش می‌یابد و خرابی باتری بسیار سریع رخ می‌دهد) [۲۴]. بنابراین، دمای محیط تأثیر زیادی بر عملکرد باتری دارد و هر چه دما کمتر باشد، سطح تخلیه و راندمان کمتر است.

1. Storage Temperature
2. Endurance



شکل (۳): نمودار مقایسه انرژی ویژه حجمی و جرمی در انواع مختلف سلول باتری [۱۸].

شکل (۴): انواع باتری قابل شارژ مورداستفاده در پهپادها [۲۳, ۲۴].



شکل (۵): نمودار تغییرات ولتاژ باتری در طول زمان تخلیه و در شرایط مختلف دما [۲۴].

مداومت پرواز: مداومت پرواز به مدت زمان پرواز از بلندشدن تا نشستن بدون تعویض باتری گفته می‌شود. در واقع، مدت زمانی است که پرنده با یک باتری (در شرایط دمای هوا و باد مناسب و همچنین سرعت مناسب حرکت پهپاد) عملیاتی را که برای آن تعریف شده انجام می‌دهد. این عملیات شامل فراز و فرود پهپاد هم هست. محدودیت مدت پرواز مداوم برای هر پرنده‌ای وجود دارد و در مورد پهپاد نیز صدق می‌کند. از جمله عوامل مؤثر بر این مدت پرواز مداوم، مدت زمان تخلیه باتری است. یعنی زمان مداومت پرواز اندکی کمتر از مدت زمان قابل پیش‌بینی برای تخلیه باتری است. البته باتری‌های جدید قابلیت نمایش درصد شارژ یا تخلیه را دارند و می‌توان این موضوع را به‌صورت برخط توسط سیستم کنترلی رصد کرد. برخی از سیستم کنترلی پهپادهای امروزی به گونه‌ای طراحی شده که در صورت کاهش شارژ باتری از یک حد مشخص، پرنده را به طور خودکار در همانجا به زمین می‌نشاند (یا به موقعیتی که از پیش برای آن تعریف شده برمی‌گرداند) یا پیش از اتمام باتری و سقوط پرنده نسبت به فرود آن هشدار داده یا اقدام می‌کند [۹].

پایداری پرواز: با فرض طراحی صحیح و هدایت ماهرانه خلبان پرواز، پارامترهایی مانند سرعت حرکت پهپاد، سرعت وزش باد، ابعاد پهپاد، پره‌ها، ارتعاشات موتورها، وزن کل از عوامل مرتبط با پایداری پرواز هستند. تاکنون، سرعت متداول پهپادهای تجاری به‌طور اسمی ۵۰ تا ۷۰ کیلومتر در ساعت گزارش شده است [۲۵]. با این وجود، سرعت‌های بیشتر نیز با توجه به نوع کاربرد و همچنین نوع منبع توان در بازار وجود دارد. البته سرعت پهپاد باید متناسب با نوع کاربرد آن انتخاب شود و لزوماً داشتن سرعت زیاد برای یک پهپاد نمی‌تواند مزیت باشد.

برد قابل کنترل: امروزه همه پهپادها برد قابل کنترل دارند. این برد فاصله مستقیم بین پهپاد تا محل کنترل‌کننده (یا فاصله آنتن فرستنده و گیرنده) است. بنابراین، پهپاد در صورت خارج‌شدن از آن محدوده، حتماً از کنترل خارج شده و با مشکل مواجه خواهد شد. محدودیت برد، یکی دیگر از پارامترها و چالش‌های پهپادهاست و به‌صورت تجاری معمولاً اندازه اسمی آن ذکر

می‌شود. به‌طور حتم این عدد در شرایط عملیاتی و به‌ویژه شرایط نامناسب آب و هوایی و قرارگرفتن پهپاد در معرض امواج الکترومغناطیسی کمتر از اندازه اسمی آن است، زیرا اعداد اسمی و تجاری ذکر شده در بهترین حالت و در شرایط استاندارد محاسبه می‌شوند [۱۱].

ارتفاع پرواز: هر چند هر پهپادی از نظر فنی محدودیت ارتفاع و اوج‌گیری دارد، اما معمولاً سازمان‌های هوانوردی کشورها نیز برای امنیت پرواز و جلوگیری از تداخل با خطوط هوایی از نظر قانونی محدودیت‌هایی برای ارتفاع پرواز پهپادها تعیین می‌کنند. برای مثال سازمان هواپیمایی کشوری و اداره هوانوردی فدرال حداکثر پرواز تا ارتفاع ۱۲۰ متر را برای پهپادها مجاز می‌داند. با این وجود بیشینه ارتفاع پرواز از نظر فنی همان میزان برد قابل کنترل پهپاد است [۱۲].

ظرفیت ترابری (بار قابل حمل): با وجود تبلیغات فراوان توسط سازندگان پهپادهای تجاری و پژوهشگران مرتبط در جهان، تا به امروز محدودیت حمل بار توسط این وسیله بیش از آن چیزی است که حتی بتوان بطور فراگیر و پایدار برای پست و ارسال مرسولات متداول استفاده شود. به‌طوری‌که در برخی از مقالات پژوهشگران به محدودیت حمل و نصب انواع دوربین و یا افزایش تعداد باتری در پهپاد اذعان شده است [۲۶]. گاهی ظرفیت ترابری[1] در دسته‌بندی پهپادها (کوچک، متوسط و بزرگ) استفاده می‌شود. اما برای این نوع دسته‌بندی‌ها استاندارد جهانی و فراگیری وجود ندارد. با این وجود همه پهپادها محدودیت بار قابل حمل دارند.

تعمیر و نگهداری: یکی از عوامل در حفظ کارایی و بازدهی مناسب هر خودرو، مدیریت بهره‌برداری، و تعمیرات و نگهداری درست آن است و البته پهپاد نیز از این اصل مستثنی نیست. بدیهی است زمانبری تعمیرات یا الزامات متعدد نگهداری پهپاد می‌تواند به وقت تلفاتی و یا کاهش ارزش سرمایه منتهی شود [۲۷]. بنابراین هرچه نگهداری و تعمیرات مؤثرتر باشد، می‌تواند تأثیر مطلوب‌تری در افزایش میزان بازدهی و بهره‌وری پهپاد داشته باشد. از طرف دیگر، هر خودرو یا پهپادی که به تعمیرات کمتر نیاز داشته باشد و نگهداری آن ساده‌تر باشد بهتر است. اما پهپاد به عنوان یک ماشین مکاترونیکی به شرایط آب و هوایی (دما و رطوبت) حساس است. پس به دقت بیشتری در نگهداری نیاز دارد. عموماً استفاده از پهپاد طبق توصیه سازنده می‌تواند به نگهداری بهتر آن و کاهش هزینه‌های تعمیر کمک کند.

قابلیت اطمینان: قابلیت اطمینان[2] توانایی یک سیستم (یا جزیی از سیستم) را برای عملکرد درست آن تحت شرایط مشخص‌شده برای یک دوره زمانی مشخص توصیف می‌کند. قابلیت اطمینان درصد احتمال موفقیت در انجام کار یا درصد اینکه وسیله بدون آنکه دچار نارسایی و نقص شود وظیفه خود را انجام دهد. این یعنی در محدوده مشخص و برنامه‌ریزی شده (از نظر زمانی و مکانی) و در بستر کارکردی (مانند دما، رطوبت، لرزش و غیره) کار کند. بر این اساس تعریف قابلیت اطمینان بر تعریف وقوع خرابی و عیب بنا شده است. به همین دلیل برای مدل‌سازی قابلیت اطمینان روش‌های مختلفی وجود دارد. از سوی دیگر، تابع قابلیت اطمینان از نظر تئوری به‌عنوان احتمال موفقیت در زمان t تعریف می‌شود. این احتمال از تجزیه و تحلیل دقیق (فیزیک شکست)، مجموعه داده‌های قبلی یا از طریق آزمایش قابلیت اطمینان و مدلسازی قابلیت اطمینان برآورد می‌شود. قابلیت اطمینان اغلب نقش کلیدی را در مقرون به صرفه بودن سیستم‌ها ایفا می‌کند [۲۷].

پهپاد متشکل از اجزاء مختلف مکانیکی و الکترونیکی به‌عنوان سخت‌افزار و همچنین شامل بخش هدایت و کنترل به‌وسیله نرم‌افزار و سخت‌افزار است. بنابراین، نوعی سیستم مکاترونیکی است که به دلیل وجود تعدد و تنوع اجزاء غیر مکانیکی مسئله قابلیت اطمینان بسیار حائز اهمیت است [۲۷]. بر این اساس، پیش‌بینی می‌شود موضوع قابلیت اطمینان در آن‌ها با وجود همه مزایایی که دارند موضوعی چالش برانگیز باشد. با این حال، در این مبحث نیز با استناد به منابع دردسترس مطلبی یافت نشد. از این‌رو، تعیین قابلیت اطمینان پهپادها به پژوهش و اطلاعات موثق نیاز دارد.

۲-۲- چالش‌های کاربری پهپاد

پهپادها در هنگام به‌کارگیری با چالش‌هایی روبرو هستند. در بخش‌های پیش رو به این دسته از چالش‌ها پرداخته می‌شود.

پرواز و تسلط در کاربرد: پرواز پهپاد نسبت به رانندگی و خلبانی بسیار متفاوت است. ولی یک اصل اساسی این است که تسلط و مهارت ابتدا به آموزش و سپس به تمرین نیاز دارد. اما در حوزه‌های کاربردی پهپاد نکته دیگری نیز قابل توجه و از

1. Payload
2. Reliability

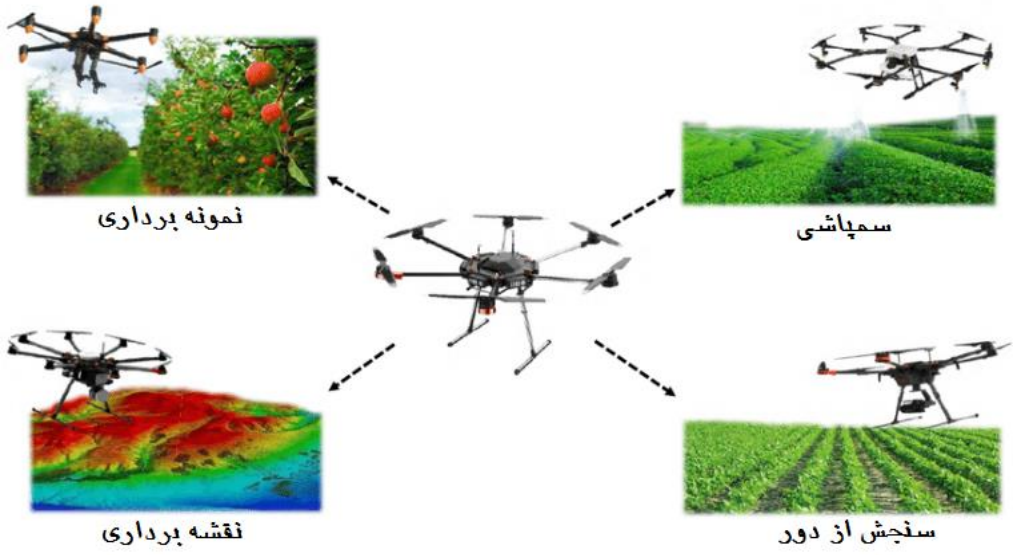
اهمیت بیشتری برخوردار است. قدر مسلم هدایت و راهبری پهپاد تصویربردار با پهپاد سمپاش و پهپاد برای پایش و مدیریت دام و پهپاد مساحی و نقشه‌برداری[1] به مهارتی بسیار متفاوت نیاز خواهند داشت. اما در هر کاربردی هدایت پهپاد امری اساسی است، ولی داشتن دانش مرتبط با کاربرد موردنظر ضروری خواهد بود. در مثال‌های ذکر شده نوع کاربردها متفاوت و فضای کاری متفاوت بوده و تجارب خاص خود را می‌خواهند [۲۸-۳۱]. در شکل **۶** برخی از کاربردهای مختلف پهپاد آمده است.

محدودیت کاربری در شرایط آب و هوایی گوناگون:

شرایط آب و هوایی و محیطی نه تنها محدودیت عملیاتی ایجاد می‌کند، بلکه بر مانورپذیری و هدایت پهپاد نیز اثرگذار است. همچنین، شرایط مه‌آلود یا گرمای شدید می‌تواند بر عملکرد گیرنده و فرستنده پهپاد و یا حسگرها اثر منفی داشته باشد. در نتیجه، در هنگام ساخت، پژوهش یا خرید پهپاد باید به میزان قابلیت تحمل دما، رطوبت، باران و سرعت باد دقت شود تا پهپادی متناسب با شرایط کاری ساخته یا انتخاب شود. البته در مورد طراحی و ساخت باید شرایط مناسب کاری همه اجزاء را به حساب آورد. همچنین، این موضوع باید توسط کاربر و پیش از به‌کارگیری مد نظر قرار گیرد.

تأخیر در وضع الزامات و عدم توجه به مقررات کاربری:

در کشورهای به اصطلاح صنعتی جهان برای دوچرخه نیز آیین‌نامه استفاده برای حضور در اجتماع وجود دارد و تا وسیله متحرکی آیین‌نامه مدون نداشته و قوانین و مقررات آن ابلاغ نشده باشد، حق عرضه عملیاتی به تولیدکننده، واردکننده و کاربر داده نمی‌شود. اما در جوامع مصرفی و مصرف‌گرا برای بسیاری از فناوری‌ها پس از مشهود شدن معضل و بروز مشکلات به تدوین مقررات می‌اندیشند یا اقدام می‌کنند. این نکته قابل تأملی است که کاربر، تولیدکننده یا واردکننده پهپاد را نیز می‌تواند سردرگم کند و ناخواسته به چالش جدی بکشاند. بنابراین، پیش از استفاده یا هنگام تهیه پهپاد باید مقررات پروازی آن را یافت و مطالعه کرد. خوشبختانه در سال‌های اخیر، سازمان هواپیمایی کشوری ثبت پهپاد را به نام کاربر آن و اعطای مجوز پرواز انجام می‌دهد. همچنین، شیوه‌نامه‌ای تحت عنوان شیوه‌نامه ۹۰۶۰ توسط این سازمان در همین خصوص منتشر شده است. برای نمونه، در شیوه‌نامه مذکور آمده است: «حداکثر ارتفاع پرواز مجاز پهپادها ۱۲۰ متر است. در صورتی که نیاز باشد پهپاد روی موانعی با ارتفاع بیشتر از ۱۲۰ متر به عملیات بپردازد، مجاز است تا حداکثر ۵۰ متر بالاتر از ارتفاع مانع و حداکثر ۱۷۰ متر با رضایت مالک/ متولی مانع به انجام عملیات بپردازد، به شرط رعایت فاصله حداقل ۵ کیلومتری از فرودگاه‌ها» [۳۲]. شکل **۷** مقررات عمومی ارتفاع مجاز پرواز پهپاد، خط دید بصری[2] و نحوه احتساب و منطقه ممنوعه را به صورت مصور نشان می‌دهد [۳۳].



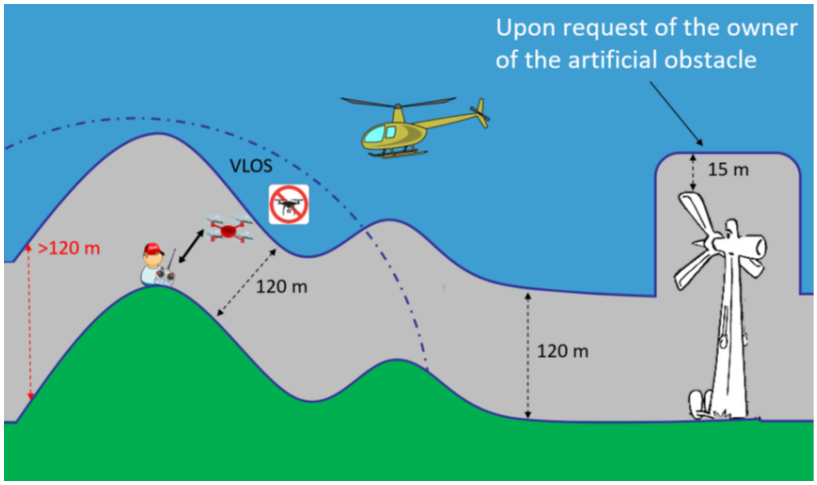
شکل (۶): برخی از کاربردهای پهپاد [۲۸-۳۱].

1. Surveying and mapping

2. Visual Line of Sight (VLOS)

(علمی-ترویجی)

پرنده هدایت‌پذیر از دور (پهپاد) و بدون موتور احتراقی- بررسی چالش‌ها و پارامترهای فنی



شکل (۷): مقررات عمومی ارتفاع مجاز پرواز پهپاد [۳۳].

سرمایه اولیه: سنجش از دور به عنوان فنون جمع‌آوری اطلاعات از یک پدیده و بدون تماس فیزیکی با آن یکی از فناوری‌هایی است که کاربرد زیادی در کشاورزی دقیق دارد. در این میان، یکی از مهمترین و پر کاربردترین وسیله در سنجش از دور پهپادها به شمار می‌روند. البته به نظر می‌رسد هنوز جای ماهواره‌ها را نگرفته باشند. اما نسبت به ماهواره و برای سطح پوشش محدود توجیه‌پذیر و مقرون به صرفه[1]است [۳۴]. از طرف دیگر، پهپاد تجاری از جمله خودروهایی است که به‌دلیل داشتن تجهیزات پیشرفته و عمدتاً وارداتی، قیمت و هزینه زیادی دارد. برای مثال، در سال ۱۳۹۸ اعلام شده است تا ۵۴ نوع پهپاد کشاورزی با ارائه ۸۰ درصد تسهیلات بانکی و با قیمت ۵۰ میلیون تا ۲۰۰ میلیون تومان در اختیار کشاورزان قرار گیرد [۳۵]. همین مطلب نشان می‌دهد یک پهپاد برای استفاده کشاورزان چه مقدار سرمایه اولیه نیاز دارد. اما انجام همین کار توسط شرکت‌های خدمات سمپاشی پهپادی و تعاونی‌های تخصصی ممکن است بسیار به‌صرفه و سودآور باشد. بنابراین، اگر به‌عنوان نمونه با کمک پهپاد سمپاش فقط روش سمپاشی تغییر کند و مزیتی فنی، اقتصادی یا زیست‌محیطی حاصل نشود، صرفاً تکنولوژی تبلیغاتی به‌کار گرفته شده و یا تبلیغات تکنولوژی صورت گرفته و این به معنی اتلاف منابع است. البته در مواقع خاص که امکان ورود تراکتور به مزرعه یا باغ برای سمپاشی با تراکتور نیست و هزینه کارگری نیز زیاد است یا احتمال افزایش مصرف بی‌رویه سم و در معرض سم قرار گرفتن کشاورز وجود دارد، استفاده از پهپادسمپاش بسیار توجیه‌پذیر است. هر چند در ایران پژوهشی در حوزه مباحث اقتصادی پهپاد صورت نگرفته است. بر اساس برآوردها هرچه تعداد پرواز و میزان استفاده از پهپاد در سال بیشتر شود هزینه ثابت به ازاء واحد مسافت طی شده کمتر می‌شود [۹, ۳۶]. به‌طور تقریبی می‌توان گفت هزینه ثابت هر کیلومتر پرواز پهپاد در صورتی که بیش از ۲۰۰۰ پرواز در سال داشته باشد، به نصف و حتی یک چهارم نسبت به استفاده محدود آن (تعداد اندک پرواز در سال) کاهش می‌یابد. بنابراین، دقت در انتخاب فناوری مناسب و تعیین ضرورت، اولویت و میزان استفاده از آن بسیار حائز اهمیت بوده و باید بیش از پیش مورد توجه ویژه قرار گیرد.

عمر مفید: عمر مفید[2]یکی از پارامترهای مؤثر در تعیین استهلاک پهپاد و ارزش سرمایه‌گذاری است. عمر مفید پهپاد در واقع برآوردی است که نشان می‌دهد چه مدت می‌توان انتظار داشت تا از پهپاد با صرفه اقتصادی برای درآمدزایی استفاده کرد. متأسفانه در این زمینه سازندگان پهپادهای تجاری هیچ عدد و رقمی ارائه نداده و در متون علمی موجود و در دسترس نیز مطلبی یافت نشده است. از طرف دیگر، شاید برای خودروهای جاده‌ای و غیر جاده‌ای و حتی هواپیما به دلیل مواد تشکیل‌دهنده اجزاء به راحتی بتوان ارزش اسقاط را بر مبنای ضایعات فلزی محاسبه کرد. اما در این مورد ارزش اسقاط تقریباً صفر است. همچنین، احتمال نقل و انتقال مالکیت این وسائل پس از استفاده بسیار اندک است. با این وجود، عمر مفید پهپادها بسیار کمتر از خودروهای جاده‌ای و غیر جاده‌ای و تجهیزات مکانیکی برآورد می‌شود.

گارانتی و خدمات پس از فروش: گارانتی و خدمات پس از فروش فناوری‌های نوین از جمله پهپادهای تجاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بدیهی است در صورت خرابی یکی از اجزاء کلیدی پهپاد و نبود آن در داخل کشور، تمام سرمایه اولیه تلف‌شده محسوب می‌شود. همچنین، پهپاد دیگر قابلیت استفاده

1. Affordable

2. Lifetime/ Service Life

نخواهد داشت. به‌خصوص اگر پهپاد چندمنظوره باشد. بنابراین، هنگام تهیه پهپاد باید به این اصل توجه داشت [۲۷].

واردات بدون تدوین استاندارد: نقش تدوین استاندارد و آینده‌نگری در خرید هر محصول جدید و به ویژه در واردات از کشورهای دیگر بر کسی پوشیده نیست. درصورت ضابطه‌مند نبودن و توجه‌نکردن به خدمات پس از فروش تولیدات خارجی، عدم اطمینان از وجود نیروی ماهر برای این خدمات در داخل، یا وجود خدمات بدون نظارت و یا تعدد متولیان صادرکننده مجوز واردات و تعدد واردکنندگان و عدم تمرکز در ورود اینگونه پهپادها می‌تواند در آینده هزینه‌ساز شود [۲۷]. از سوی دیگر در این خصوص مباحث فرصت‌های شغلی جدید و کاهش شغل‌های مرسوم نیز متناسب با شرایط هر منطقه از نظر نیروی انسانی و پیوست فرهنگی با فناوری نیازمند بررسی و پژوهش است. بنابراین، پیش از واردات باید به نتایج پژوهشگران داخلی و پژوهش‌های محلی مراجعه شود. در مجموع، پژوهش، برنامه‌ریزی و تدوین استاندارد و آزمون و ارزیابی، تدابیر اجرایی و نظارت پیوسته و هماهنگ می‌تواند از الزامات اولیه واردات به شمار آید.

ایمنی پرواز و محیط زیست: یکی از چالش‌های جدی در پهپاد موضوع ایمنی و امنیت پرواز است [۹]. همچنین، موضوع ارتباطات پهپاد و سیگنال‌های مربوطه، آینده اینترنت‌اشیاء[1] چالش‌ها و فرصت‌های آن در این چهارچوب باید مورد توجه و پژوهش قرار گیرند. این مبحث و چالش‌ها شامل جنبه فردی و اجتماعی موضوع می‌شود و خود پهپاد را نیز در بر می گیرد [۳۷, ۳۸].

بسیار واضح است که وجود موانع طبیعی و غیرطبیعی و اتفاقات غیرقابل پیش‌بینی در فضای باز همواره می‌تواند چالشی برای یک پهپاد، کاربر یا جامعه باشد. بدیهی است پیش‌بینی حوادث احتمالی و تاحد ممکن پیشگیری از آن‌ها یا پیش‌بینی بیمه ضروری است. برای مثال آیا برای سوانح و حوادث احتمالی پهپاد سمپاش که با هدف صرفه‌جویی و حفظ محیط‌زیست به‌کار گرفته شده تدبیری شده است؟ آیا در مورد پرواز احتمالی پرندگان نادر در حوالی یا در مسیر پهپاد و احتمال آسیب و یا مخاطرات ممکن برای ساکنان و مجاورین مسیر پرواز و محیط زیست اندیشه شده است؟ هر چند این سؤال‌ها در نگاه اول جنبه احتمال به‌خود بگیرد، اما متأسفانه شواهد نشان می‌دهد که پیش از این حوادث مشابهی در جهان رخ داده است. اگرچه امنیت پهپاد از گزند حیوانات وحشی به‌ویژه پرندگان هنوز یک چالش به حساب می‌آید. با این وجود، موضوع آسیب احتمالی و جانبی به طبیعت و محیط زیست نیز باید جایگاه حقیقی خود را پیدا کند. شکل **۸** نمونه‌ای از حادثه سقوط و برخورد پهپاد به شیشه جلو خودروی شخصی را نشان می‌دهد. برای نمونه و طبق گزارش‌های گوناگون، ویدئویی در فلوریدا فیلمبرداری شده که یک تمساح را در حال گرفتن یک پهپاد با آواره‌هایش نشان می‌دهد. لحظاتی بعد حیوان شروع به جویدن دستگاه می‌کند. می‌توان دید تمساح در حین جویدن باتری، به‌طور ناگهانی غرق در دود می‌شود. به نظر می‌رسد هنگام تلاش پهپاد برای گرفتن یک تصویر نزدیک از این جانور حادثه رخ داده است [۳۹]. سکانس‌هایی از این ویدیو در شکل **۹** نشان داده شده است.

شکل (۸): سقوط و برخورد پهپاد با خودرو [۴۰].

شکل (۹): گرفتن پهپاد در هوا و دود ناشی از ترکیدن باتری هنگام خوردن آن توسط تمساح در فلوریدا [۴۰].

در حالی که پهپادها می‌توانند تصاویر زیبایی از طبیعت ارائه دهند و به تحقیقات کمک کنند، همچنین، آن‌ها می‌توانند بر حیات وحش تأثیر منفی بگذارند. بسیاری از حیوانات از این وسیله فرار می‌کنند و باعث استرس و خستگی آن‌ها می‌شود. برخی به دلیل نزدیک‌شدن به حریمشان به آن حمله می‌کنند. از این‌رو، کارشناسان محیط‌زیست و جانورشناسان از کاربرها می‌خواهند که پهپادهای خود را از حیوانات دور نگه دارند و اگر متوجه تغییر رفتار جانداری در واکنش به پهپاد شدند، فوراً پرواز را در آن منطقه متوقف کنند. از سوی دیگر، گاهی پرندگان و حیوانات به صورت ناگهانی به پهپادها خسارت وارد می‌کنند. شکل **۱۰** نمونه‌ای از برخورد عجیب پرنده‌ای

1. Internet of Things (IoT)

نادر با دوربین تصویربرداری و پهپاد از روی کنجکاوی یا غریزه را نشان می‌دهد که به دوربین یا پهپاد آسیب می‌زند [۴۱].

شکل (۱۰): برخورد عجیب پرنده‌ای نادر با دوربین تصویربرداری و پهپاد از روی کنجکاوی یا غریزه [۴۱].

آموزش و کمبود پژوهش تخصصی: آموزش برای شناخت و ورود هر فناوری به جامعه لازم و تخصص نیز حاصل آموزش و تجربه است. بنابراین، فراوانی و گسترش پهپاد نیاز روزافزون به آموزش تخصصی و تدوین دستورالعمل‌های آموزشی و کاربرد آنرا به‌خوبی مشخص می‌کند. طبیعی است بدون وجود افراد آموزش دیده و متخصص در این حوزه پس از مدتی همین فناوری می‌تواند به مشکلی جدی برای جامعه تبدیل شود. از همین رو، برگزاری دوره‌های آموزشی در سطوح مختلف و در زمینه‌های گوناگون از جمله آشنایی با کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها، مقررات پرواز، مهارت پرواز، هدایت کاربردی، شناخت اجزاء و ملزومات، عیب‌یابی و تعمیرات و سایر آموزش‌های نرم افزاری و سخت افزاری مرتبط با پهپاد ضروری و الزامی به نظر می‌رسد. با این وجود، سالانه دوره‌های متعددی توسط شرکت های پهپادی همراه با صدور گواهی مهارتی برگزار می شود. اما سوال مطرح شده اسن است که نظارت بر گواهینامه‌ها تا چه میزان انجام می‌شود و این بسیار مهم است. برای مثل در یک شرکت پهپادی دو روز آموزش یک میلیون تومان هزینه دارد که همراه با گواهی‌نامه است. اما قطعاً فرد شرکت کننده مهارت خلبانی یا کاربری پهپاد را پیدا نمی‌کند، اما گواهی‌نامه دارد. بنابراین، نظارت بر گواهی‌نامه‌ها و حتی متمرکز کردن مرجع سنجش صلاحیت متقاضیان بسیار مهم است.

باید اذعان کرد که در مورد بسیاری از فناوری‌های نوین از جمله پهپادهای تجاری و خارجی، تبلیغات بر تحقیقات غلبه دارد. یعنی پیش از آنکه تحقیق جامع صورت پذیرد تبلیغات تجاری اثر و بازار را به دست گرفته و نوبت به تحقیق و پژوهشگر نمی‌رسد. ولی ممکن است بعد از بروز معضلات از پژوهشگر درخواست مشارکت و کمک شود. بنابراین، پیشگیری بهتر از درمان است و پژوهش علمی پیش از به‌کارگیری گسترده و واردات یک وسیله گران‌قیمت برای جامعه کم هزینه‌تر از خرید پرهزینه و پرداخت هزینه معضلات و پیامدهای آن است. بنابراین ضرورت دارد به این نکته توجه ویژه شود.

۳- نتیجه‌گیری

در این مقاله پارامترهای فنی و چالش‌های کاربری مرتبط با پهپادهای بدون موتور احتراقی مورد بررسی قرار گرفت. تعداد چالش‌های موجود نشان می‌دهد تا تحقق استفاده بهینه و گسترده از این فناوری راه زیادی باقیمانده است. در نگاه نخست بیان و بررسی این مشکلات شاید به چالش کشیدن این فناوری به نظر آید. اما با نگاهی فراتر و بهتر، این رویه می‌تواند به پاسخ دادن به چالش‌ها و حل مسائل با انجام پروژه‌هایی متناسب و متنوع توسط پژوهشگران و سازندگان منتهی شود. در مجموع، ۲۰ پارامتر فنی و چالش‌کاربری بیان شد، با این امید که راهکارهای علمی برای آن‌ها ارائه شود تا نویدبخش تلاش علمی و پژوهش تخصصی در آینده نزدیک باشد.

چالش‌ها و نکات بیان شده در زمینه پهپادها نشان از وجود ظرفیت برای پرداختن به پژوهش‌های تخصصی در حوزه‌های جدید بکارگیری این فناوری است. اگرچه به‌کارگیری فناوری‌های نوین می‌تواند شیوه‌های سنتی را با چشم‌اندازهای جدیدی گره بزند، اما تبلیغ و پذیرش هر فناوری بدون پژوهش علمی و صرفاً به‌خاطر سود واردات یا با رنگ و بوی پژوهشی صرفاً به‌خاطر کسب امتیاز، در حقیقت سبب چیرگی تبلیغات بر تحقیقات شده و کاهش اشتغال و فرصت‌های شغلی را برای جوانان کشور به‌دنبال دارد. این به معنی ایجاد هزینه‌ای مضاعف بر دوش جامعه است. از این‌رو، توصیه می‌شود تا تولید دانش‌بنیان پهپاد و تجهیزات جانبی آن در داخل کشور با تکیه بر صادرات قابل‌رقابت[1]آن در برنامه‌های شرکت‌های دانش بنیان قرار گیرد تا سبب خدمتی به اقتصاد جامعه و اشتغال نسل کنونی و آینده شود. همچنین، آینده-نگری و آینده‌پژوهی و پیش‌بینی کاربردهای این وسیله در ارتباط با چالشهای پیش رو مبتنی بر تهیه کلان داده‌های[2]اراضی زارعی، باغی، جنگلی و محیطی در ترددها و بکارگیری اینترنت اشیاء و هوش‌مصنوعی[3]به عنوان پژوهش‌های آتی در این حوزه مد نظر قرار گیرد.

1. Competitive Ability
2. Big Data
3. Artificial Intelligence

۶- مراجع

[1] J. Stamp, "World War I: 100 Years Later Unmanned Drones Have Been Around Since World War I," *Retrived from Smithsonian Magazine*, 12 Agust 2020.

[2] E. Teale, "Mile-a-Minute Pigeons," *Popular Science Monthly*, vol. 128, no. 6, 1936.

[3] W. M. Levi, *"The Pigeon"*. Sumter, S.C.: Levi Publishing Co. p. 82, 1977, p. 667.

[4] C. Walcott, "Pigeon homing: observations, experiments and confusions," *The Journal of experimental biology*, vol. 199, no. 1, pp. 21-27, 1996.

[5] D. Degner, Blechman, A. D., "Cairo's Fancy Fliers," *World Arab and Islamic Cultures and Connetions*, vol. 62, pp. 5-6, 2011.

[6] C. W. Clarke, "Signal Corps Pigeons," *The Military Engineer*, vol. 25, no. 140, pp. 133-138, 1993.

[7] A. DenHoed, "The Turn-of-the-Century Pigeons That Photographed Earth from Above," ed: línea] Disponible en: https://www.newyorker.com/culture/photo-booth/the …, 2018.

[8] *AsemanX Website*. Available: https://www.asemanx.com/ . 2022 (In Persian).

[9] S. E. H. Kazemi, "Challenges and opportunities for the development of civilian drones in Iran," *Scientific Quarterly Journal of Technology in Aerospace Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 45-65, 2020.

[10] C. Zhang, J. Valente, L. Kooistra, L. Guo, and W. Wang, "Orchard management with small unmanned aerial vehicles: A survey of sensing and analysis approaches," *Precision Agriculture*, vol. 22, no. 6, pp. 2007-2052, 2021.

[11] B. Vergouw, H. Nagel, G. Bondt, and B. Custers, "Drone technology: Types, payloads, applications, frequency spectrum issues and future developments," in *The future of drone use*: Springer, 2016, pp. 21-45.

[12] B. Zhang, Z. Song, F. Zhao, and C. Liu, "Overview of Propulsion Systems for Unmanned Aerial Vehicles," *Energies*, vol. 15, no. 2, p. 455, 2022.

[13] J. Bateman, "China Drone Maker DJI: Alone atop the Unmanned Skies," *CNBC, September*, vol. 1, p. 1, 2017.

[14] *DJI Market Share: Here's Exactly How Rapidly it has Grown in Just a few Years*. Available:https://justdrones.com.au/dji-market-share-heres-exactly-how-rapidly-it-has-grown-in-just-a-few-years/2021

[15] J. Plaza. *What is the Value of the European Drone Market? Commercial UAV News*. Available: https://www.commercialuavnews.com/europe/value-european-drone-market. 2021.

[16] N. B. j. kafashan, "The application of mechatronic engineering in on-road and off-road vehicles development; increasing prcision and safety," *Journal of Smart Industry*, vol. 220-221.

[17] (14 Agust. 2020) How to Define Battery Life. *Retrived from Battery University Group*.

[18] J. Flynt. *What Voltage Should You Store Your Li-Po Batteries At?". 3D Insider*. Available: https://3dinsider.com/voltage-store-lipo-batteries//. 2021.

[19] *How to Prolong Lithium Polymer Battery Life?* . Available: https://www.grepow.com/blog/prolong-lithium-polymer-battery-life/. 2019.

[20] M.-Y. Chu, L. De Jonghe, and S. Visco, "High specific power lithium polymer rechargeable battery," in *Proceedings of 11th Annual Battery Conference on Applications and Advances*, 1996, pp. 163-165: IEEE.

[21] (15 Agust 2020) The Physics of Why Bigger Drones Can Fly Longer. *Retrieved from Smithsonian Magazine*.

[22] *Custom Power Solutions*. Available: http://homework.uoregon.edu/pub/class/350/chemistries.html. 2021.

[23] *Everything You Need To Know About LIPO Batteries*. Available: https://vdr.one/everything-you-need-to-know-about-lipo-batteries. 2021

[24] M. Lam. *How lipo battery's performance affected by temperature?". GENSACE BLOG, [Online]. Available: https://www.gensace.de/blog/temperature-affect-lipo-battery-performance/. 2019.*

[25] *Phantom 4 Advanced*. Available: https://www.dji.com/de/phantom-4-adv/info

[26] N. Bagheri, "UAVs: Oppurtunities and Challenge," *Monthly*, vol. 83. 2020, pp. 12-15 (In Farsi).

[27] J. KAFASHAN and N. BAGHERI, "Applications of mechatronics engineering in the agro-industrial development (Challenges and Solutions)," 2017.

[28] K. M. M. Nambu. *Prodrone Unveils the World's First Dual Robot Arm Large-Format Drone*. Available: https://www.prodrone.com/archives/1420/2016.

[29] N. Islam, M. M. Rashid, F. Pasandideh, B. Ray, S. Moore, and R. Kadel, "A review of applications and communication technologies for internet of things (Iot) and unmanned aerial vehicle (uav) based sustainable smart farming," *Sustainability*, vol. 13, no. 4, p. 1821, 2021.

[30] F. Corrigan. *Uavs in the Lidar Applications Sector Increases Substanially*. Available: https://www.dronezon.com/learn-aboutdrones-quadcopters/uav-lidar-applications-services-technology-systems/. 2017.

[31] B. Lillian. *Leica Geosystems Launches Mapping UAV Based on DJI m600*. Available: https://unmanned-aerial.com/leicageosystems-launches-mapping-uav-based-on-dji-m600. 2018.

[32] "Methodology 9060 Regulations on Remotely Controlled Aircraft (UAVs)," *Civil Aviation Organization of the Islamic Republic of Iran*, June 2021.

[33] J. Harvey. *Generic rules in the Open Category - No Fly Drones*. Available: https://www.noflydrones.co.uk/eu-drone-regulations-blog/2020/5/28/generic-rules-in-the-open-category. 2021.

[34] J. R. H. Navid. (2018) Introduction to precision agriculture. 343.

[35] *News coverage in newspapers and news agencies*. Available: https://www.tic.ir/Content/media/image/2020/01/50800_orig.pdf. 2020.

[36] C. Wright, S. Rupani, K. Nichols, Y. Chandani, and M. Machagge, "What should you deliver by unmanned aerial systems?," *White paper for JSI Research Training Institute, Inc.,Llamasoft*, 2018.

[37] A. D. Boursianis *et al.*, "Internet of things (IoT) and agricultural unmanned aerial vehicles (UAVs) in smart farming: A comprehensive review," *Internet of Things*, vol. 18, p. 100187, 2022.

[38] Y. Liu, H.-N. Dai, Q. Wang, M. K. Shukla, and M. Imran, "Unmanned aerial vehicle for internet of everything: Opportunities and challenges," *Computer communications*, vol. 155, pp. 66-83, 2020.

[39] D. Basner. *WATCH: Smoke Pours From Alligator's Mouth After It Pulls Down Flying Drone*. Available: https://www.iheart.com/content/2021-09-01-watch-smoke-pours-from-alligators-mouth-after-it-pulls-down-flying-drone/. 2021.

[40] *Drone related injuries are becoming more common*. Available: https://gbagenlaw.com/drone-related-injuries-are-becoming-more-common/. 2018.

[41] J. Flynt. *How to Avoid Bird Attacks on Your Dron*. Available: https://3dinsider.com/bird-drone-attacks/. 2019.